

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-295159

(43)Date of publication of application : 29.10.1999

(51)Int.Cl.

G01L 1/00
G01N 21/27
G01N 21/65
G01N 21/88

(21)Application number : 10-097530

(71)Applicant : SHIMADZU CORP
NISHINO TANE0
KITA TAKASHI

(22)Date of filing : 09.04.1998

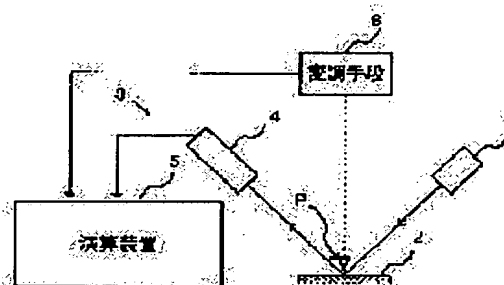
(72)Inventor : KONISHI IKUO
NISHINO TANE0
KITA TAKASHI

(54) STRESS MEASURING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To measure a stress of microstructure with high spatial resolution.

SOLUTION: This device is provided with an irradiating means 1 for irradiating a sample 2 with light, a modulating means 6 for modulating at least an energy state of the means 1 on the sample 2, and a processing means 3 for finding a stress value based on a reflected light intensity pattern. An irradiated point P of the sample 2 is irradiated with light from the irradiating means 1, the modulating means 6 modulates the energy state of the point P, the processing means 3 detects reflected light reflected in the point P by a detector 4, and the stress value is computed in an operation unit 5 based on the detected reflected light intensity pattern.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The stress measuring device which equips a sample with an exposure means to irradiate light, and a processing means to calculate a stress value from a reflected light pattern on the strength.

[Claim 2] The stress measuring device which equips a sample with an exposure means to irradiate light, a modulation means on a sample to modulate the energy state of the exposure section at least, and a processing means to calculate a stress value from a reflected light pattern on the strength.

[Claim 3] They are claim 1 which an exposure means irradiates the exposure light containing the wavelength from which at least two plurality differs, and said processing means asks for a stress value based on the wavelength difference and the reflected light difference on the strength between wavelength, or a stress measuring device given in two.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] About a stress measuring device, especially this invention is suitable for device inspection of a semi-conductor process, and relates to the stress measuring device which measures membrane stress.

[0002]

[Description of the Prior Art] In device manufacture of a semi-conductor process, stress may occur in the thin film formed by membrane formation. The stress generated in this thin film not only affects the property of the thin film itself, but it also makes the perimeter part of thin films, such as a silicon substrate, generate stress, and effect may attain to the whole device.

[0003] In a semiconductor device, there are edge parts of LOCOS structure or trench structure as structure which needs stress measurement, for example. Since this edge part is structure which stress concentration tends to generate, the effect based on stress tends to generate it. This stress tends to increase and will pose a problem further from now on as detailed-ization progresses.

[0004] Generally, X diffraction measurement, configuration measurement, the Raman measurement, etc. are known as an approach of measuring the stress in microstructure. In order to measure the stress especially generated in the minute section of a semiconductor device, micro Raman with comparatively high spatial resolving power is used in many cases.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, with detailed-izing of a semiconductor device, by the conventional approach, evaluation of an actual device is becoming difficult and the stress measuring device with more high spatial resolving power is called for. Then, this invention aims at offering the stress measuring device which can measure the stress of microstructure with high spatial resolving power.

[0006]

[Means for Solving the Problem] the characteristic spectrum with which the reflected light obtained by samples, such as a thin film, by irradiating light reflects the electronic state of a sample in the wavelength region — it has the pattern. The applicant of this invention checked that this pattern change shifted according to the stress in the irradiating point of a sample. This invention measures the stress of a sample by detecting pattern change shifted with this stress.

[0007] The 1st mode of the stress measuring device of this invention is taken as the configuration which equips a sample with an exposure means to irradiate light, and a processing means to calculate a stress value from a reflected light pattern on the strength. Drawing 1 is a schematic diagram for explaining the 1st gestalt of the stress measuring device of this invention. In drawing 1, a stress measuring device irradiates light from the exposure means 1 at the irradiating point P of a sample 2, and the processing means 3 calculates a stress value based on the reflectivity pattern which detected the reflected light reflected at this irradiating point P with the detector 4, and was detected in the arithmetic unit 5.

[0008] An exposure means is a means to irradiate light at the point of measurement on a sample, and the postural reflex of the exposure light is carried out in an irradiating point. This reflected

light is equipped with the reflected light pattern on the strength according to the band structure of the sample in an irradiating point. They find out that fixed relation between the amount of wavelength shifts and a stress value is, calculate the amount of wavelength shifts from this reflected light pattern on the strength, and calculate a stress value from a wavelength shift while these people shift this reflected light pattern on the strength according to the stress generated at the irradiating point. Drawing 4 (a) is a schematic diagram for explaining the wavelength shift of a reflected light pattern on the strength. In addition, the reflected light pattern on the strength is typically expressed with drawing 4 (a). Wavelength shifts the reflected light pattern on the strength to wavelength from the pattern shown in a continuous line, corresponding to the existence of stress to the pattern shown in a broken line. The shift amount of this wavelength shift corresponds to the stress value in a sample part.

[0009] A processing means measures the reflected light pattern on the strength in point of measurement, calculates the amount of wavelength shifts from this reflected light reinforcement, and calculates a stress value or the value corresponding to stress from the amount of wavelength shifts by using the above-mentioned relation.

[0010] A reflected light pattern on the strength is wavelength change of reflected light reinforcement, can change the wavelength by the side of exposure light or the reflected light, and can ask for it by detecting the reinforcement of the reflected light to this wavelength with a light-receiving means.

[0011] The 1st mode which makes a wavelength change makes a wavelength change by the exposure light side, makes a wavelength change by carrying out a spectrum by the monochromator, and irradiates the homogeneous light by which the spectrum was carried out to a sample part. The wavelength to irradiate can be changed by controlling this monochromator.

[0012] The 2nd mode which makes a wavelength change does not make a wavelength change by the reflected light side, irradiates the light by which a spectrum is not carried out to a sample part, and makes a wavelength change by carrying out the spectrum of the reflected light by the monochromator. The wavelength of the reflected light to detect can be changed by controlling this monochromator. Moreover, as other modes, it can consider as the configuration which establishes a polarization means, and the S/N ratio of a detecting signal can be raised to an exposure light and reflected light side.

[0013] Moreover, the 2nd gestalt of the stress measuring device of this invention can be considered as the configuration which equips a sample with an exposure means to irradiate light, a modulation means on a sample to modulate the energy state of the exposure section at least, and a processing means to calculate a stress value from a reflected light pattern on the strength. The configuration of the 2nd gestalt is a configuration which is equipped with a modulation means on a sample to modulate the energy state of the exposure section at least in addition to the configuration of said 1st gestalt. While the 2nd gestalt of the stress measuring device shown in drawing 2 irradiates light from the exposure means 1 at the irradiating point P of a sample 2, the modulation means 6 modulates the energy state of this irradiating point P, and the processing means 3 calculates a stress value based on the reflectivity pattern which detected the reflected light reflected at this irradiating point P with the detector 4, and was detected in the arithmetic unit 5.

[0014] By adding a stimulus to the exposure section from the exterior, a modulation means excites a sample part, changes an energy state, and changes a reflectivity pattern by this. The reflectance spectrum detected by this serves as a differential signal by the modulation, and can remove the effect of a background signal. Drawing 4 (b) is a schematic diagram for explaining the wavelength shift of a reflectance spectrum. In addition, the reflectance spectrum is typically expressed with drawing 4 (b). Wavelength shifts a reflectance spectrum from the pattern shown in a continuous line, corresponding to the existence of stress to the pattern shown in a broken line. The shift amount of this wavelength shift corresponds to the stress value in a sample part. In the critical point of band structure, the signal showing the fine structure reflecting this structure is detected. Detection of a reflectance spectrum can be performed by synchronizing the modulated reflected light with the modulation period of a modulation means, and detecting it.

[0015] It becomes irregular by turning an electron ray on and off intermittently, and the 1st mode

of a modulation means irradiates this modulation electron ray. By irradiating this modulated electron ray to a sample part, the energy state in a sample part changes and the reflected light reinforcement reflected by this part changes.

[0016] It becomes irregular by turning an ion beam on and off intermittently, and the 2nd mode of a modulation means irradiates this modulation ion beam. By irradiating this modulated ion beam to a sample part, the energy state in a sample part changes and the reflected light reinforcement of light reflected by this part changes.

[0017] The 3rd mode of a modulation means modulates the electric field impressed to a sample part by armature-voltage control. By modulating the electric field impressed to a sample part, the energy state in a sample part changes and the reflected light reinforcement of light reflected by this part changes.

[0018] The 4th mode of a modulation means is given modulating heat to a sample part. By modulating the heat given to a sample part, the energy state in a sample part changes and the reflected light reinforcement of light reflected by this part changes.

[0019] The 5th mode of a modulation means is given modulating an acoustic wave to a sample part. By modulating the acoustic wave given to a sample part, the energy state in a sample part changes and the reflected light reinforcement of light reflected by this part changes.

[0020] Therefore, it can ask for the detecting signal of the high reflected light pattern of a S/N ratio on the strength by establishing said modulation means. Furthermore, the configuration of the 3rd gestalt of the stress measuring device of this invention irradiates the exposure light in which an exposure means contains different wavelength of at least two plurality in said the 1st and 2nd gestalt, and a processing means is considered as the configuration which calculates a stress value based on the wavelength difference and the reflected light difference on the strength between wavelength. While the 3rd gestalt of the stress measuring device shown in drawing 3 irradiates the light of the wavelength from which plurality differs at the irradiating point P of a sample 2 from the exposure means 1, a modulation means 6 modulates the energy state of this irradiating point P, and a processing means 3 calculates a stress value based on the reflectivity for every wavelength which detected the reflected light reflected at this irradiating point P with the detector 4, and was detected in the arithmetic unit 5.

[0021] In the configuration of the 3rd gestalt, the absolute value of stress can be calculated from change, its wavelength difference, and said relation of the reflected light reinforcement for which asks for the relation between a wavelength shift, a reflected light change on the strength, and stress beforehand, and it asked on different wavelength. Drawing 4 (c) is a schematic diagram for explaining the reflected light reinforcement and the wavelength shift for every wavelength. In addition, the reflectance spectrum is typically expressed with drawing 4 (c). Wavelength shifts a reflectance spectrum from the pattern shown in a continuous line, corresponding to the existence of stress to the pattern shown in a broken line.

[0022] If the value according the reinforcement of the reflected light measured with the light of different wavelength λ_1 and λ_2 in this reflectance spectrum to the wavelength λ_1 and λ_2 in front of a wavelength shift is set to R_{11} and R_{12} and the value by the wavelength λ_1 and λ_2 after a wavelength shift is set to R_{21} and R_{22} Wavelength shift $\Delta\lambda$ is outline $\Delta\lambda = (\lambda_1 - \lambda_2) - (R_{11} - R_{21}) / (R_{22} - R_{21})$.

It can ask "Be alike." A stress value can be calculated by asking for the relation between this wavelength shift $\Delta\lambda$ and a stress value beforehand.

[0023] Moreover, the 3rd gestalt can be searched for by measurement on two wavelength of wavelength λ_1 and λ_2 in one sample part. Therefore, the number of the wavelength which irradiates a sample part can be decreased and stress measurement can be performed in a short time.

[0024] With the configuration of this 3rd gestalt, specific wavelength is identified from two or more wavelength. The 1st mode which identifies wavelength performs wavelength identification by the exposure light side, is equipped with two or more light sources which irradiate two or more wavelength at an exposure side, and performs wavelength identification by changing this light source.

[0025] The 2nd mode which identifies wavelength performs wavelength identification by the

reflected light side, separates the reflected light obtained from two or more light which carries out incidence to a sample part by the filter or the diffraction grating, and performs wavelength identification.

[0026] The 3rd mode which identifies wavelength performs wavelength identification by the exposure light and reflected light side, carries out incidence of the incident light to a sample part by time sharing, and performs wavelength identification by synchronizing the reflected light with said time sharing.

[0027] Moreover, the 4th mode which identifies wavelength performs wavelength identification by the exposure light and reflected light side, irradiates two or more incident light by whenever [incident angle / which is different to the same sample part], and performs wavelength identification by detecting this reflected light by whenever [different angle-of-reflection].

Furthermore, in each gestalt of the 1st of the stress measuring device of this invention, and 2 and 3, it can consider as the configuration which makes exposure light, the reflected light, and an electron ray the same shaft top.

[0028] According to this invention, stress measurement of a minute part is attained by making the diameter of a spot of exposure light small, or extracting the modulation field by the modulation means. moreover, a spectrum [in / in the measuring device of this invention / samples, such as a thin film,] — although it is what change of a pattern shall arise with stress and measures this stress — the spectrum of a sample — a pattern changes not only with stress but with crystal properties including a crystal defect. therefore, the measuring device of this invention — the spectrum of samples, such as a crystal property, — it is applicable to measurement of the internal state of the sample to which a pattern is changed.

[0029]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of the 1st of the stress measuring device of this invention, 2, and operation of three is explained to a detail, referring to drawing. Drawing 5 - drawing 10 are drawings for explaining the 1st and 2 gestalt of this invention, and drawing 11 - drawing 16 are drawings for explaining the 3rd gestalt of this invention.

[0030] First, the 1st and 2 gestalt of this invention is explained. In addition, although the 1st gestalt is a configuration except the 2nd gestalt to a modulation means and is different in respect of whether a reflected light pattern on the strength is measured by reflected light reinforcement, or it measures with the differential value of reflected light reinforcement, since it can consider as a configuration almost similarly, here explains using the 2nd gestalt.

[0031] Drawing 5 is an outline block diagram for explaining the 1st example of a configuration of this invention, and is an example of a configuration which makes a wavelength change by corresponding to the 1st and 2 gestalt and carrying out a spectrum by the monochromator by the side of exposure light. In drawing 5, an exposure light side makes the homogeneous light of the light source 11 which has two or more wavelength by the monochromator 12, and irradiates it through the optical system 13 of an optical fiber or a lens system at the irradiating point P of the sample 2 arranged on a stage 7. The reflected light reflected at the irradiating point P is detected by the photodetectors 41, such as a photodiode and a photomultiplier. Moreover, an electron ray is irradiated by the irradiating point P or its near from the source 61 of an electron ray. The blanking unit 62 irradiates an electron ray from a signal generator 63 intermittently to the irradiating point P of a sample in response to a blanking signal, and modulates the electronic state of the irradiating point P.

[0032] A photodetector 41 detects only the reinforcement of the reflected light, when not becoming irregular. Moreover, in becoming irregular, it detects the reinforcement of the reflected light, and the differential value of a change of the reflected light by the modulation on the strength.

[0033] After the detecting signal of a photodetector 41 carries out signal magnification by pre amplifier 51, it asks for the reflected light reinforcement R by the digital multimeter 52, and asks for differential value ΔR of a change of the reflected light on the strength with the lock in amplifier 53. In addition, the lock in amplifier 53 takes the synchronization with the blanking of an electron ray in response to a signal from a signal generator 63. A computing element 54 inputs the reflected light reinforcement R and differential value ΔR , asks for a reflected light

spectrum, and calculates a wavelength shift and stress. In addition, in wavelength modification in measurement of a reflected light spectrum, the wavelength of the exposure light to a sample 2 is changed by controlling a monochromator 12.

[0034] Moreover, stress measurement of a minute part is attained by making the diameter of a spot of exposure light small, or extracting the modulation field by the electron ray. Moreover, as a modulation means, in using an electron ray, it is making the sample 2 into the vacua with vacuum devices 8.

[0035] Next, in the 1st and 2nd gestalt, two processings in which a wavelength shift is searched for are explained using drawing 6 and 7. Drawing 6 is a schematic diagram for explaining the 1st processing which searches for a wavelength shift. Changing the wavelength of exposure light with a spectrum etc. for every point of measurement on a sample, this 1st approach measures the reinforcement of the reflected light, compares the reflected light spectrum which asked for and asked for the reflected light spectrum, and searches for a wavelength shift. For example, when the stress conditions of the point A in drawing 6 (a) and Point B differ, between the reflected light spectrums for which it asked on each point, wavelength shift $\Delta\lambda$ as shown with the continuous line and broken line in drawing 6 (b) arises. This wavelength shift $\Delta\lambda$ will correspond to the difference of the stress in both point of measurement. Therefore, the stress condition of a sample 2 can be searched for by asking for the reflected light spectrum of each point, scanning a sample 2. In addition, the stress value calculated here turns into a relative value.

[0036] Drawing 7 is a schematic diagram for explaining the 2nd processing which searches for a wavelength shift. By the light of specific wavelength, the 2nd approach asks for the reflected light reinforcement in point of measurement, and presumes a wavelength shift from the difference of the reflected light reinforcement and the reflected light reinforcement of criteria for which it asked.

[0037] For example, it asks for the reflected light reinforcement R_0 in the light of wavelength λ_0 in the point C in drawing 7 (a), and as shown in drawing 7 (b), it asks for difference ΔR with a reference value R . In addition, a reference value R can be made into the reflected light reinforcement in the point of arbitration. The difference of this reflected light reinforcement has the amount of wavelength shifts, and a fixed relation, and can presume the amount of wavelength shifts from the difference of reflected light reinforcement. For example, in drawing 7 (c), when a wavelength shift is $\Delta\lambda_1$, the difference of reflected light reinforcement is set to ΔR_1 , and when a wavelength shift is $\Delta\lambda_2$, the difference of reflected light reinforcement is set to ΔR_2 . Therefore, amount of wavelength shifts $\Delta\lambda$ can be presumed by asking for difference ΔR of reflected light reinforcement. In addition, the stress value calculated here turns into a relative value.

[0038] Hereafter, the 2-4th examples of a configuration corresponding to the 1st and 2nd gestalt of this invention are explained using drawing 8 - drawing 10. Drawing 8 is an outline block diagram for explaining the 2nd example of a configuration of this invention, and is an example of a configuration which makes a wavelength change by carrying out a spectrum by the monochromator by the side of the reflected light. In drawing 8, an exposure light side irradiates the irradiating point P of the sample 2 which has arranged the light of the light source 11 which has two or more wavelength on a stage 7 through the optical system 13 of an optical fiber or a lens system. Moreover, in a detection side, the spectrum of the reflected light reflected at the irradiating point P is carried out by the monochromator 42, and the photodetectors 41 arranged according to part light wave length, such as a photodiode and a photomultiplier, detect. By carrying out a spectrum by the monochromator 42, a wavelength change in measurement of a reflected light spectrum is made like the 1st example of a configuration. In addition, since the configuration and processing actuation of a modulation means or a processing means can be made to be the same as that of the 1st configuration, explanation here is omitted.

[0039] Drawing 9 is an outline block diagram for explaining the 3rd example of a configuration of this invention, and is an example of a configuration using the specific reflected light by arranging polarizing plates 14 and 44 to an exposure light and reflected light side. In drawing 9, an exposure light side irradiates the irradiating point P of the sample 2 which has arranged the

exposure light which polarized further the light of the light source 11 which has two or more wavelength through the polarizing plate 14 through the optical system 13 of an optical fiber or a lens system on a stage 7. Moreover, in a detection side, the reflected light to which specification polarized the reflected light reflected at the irradiating point P through the polarizing plate 44 is extracted, and the photodetectors 41, such as a photodiode and a photomultiplier, detect. In addition, since the configuration and processing actuation of a modulation means or a processing means can be made to be the same as that of the 1st configuration, explanation here is omitted. [0040] Drawing 10 is an outline block diagram for explaining the 4th example of a configuration of this invention, and is exposure light, the reflected light, and an example of a configuration that makes an electron ray the same shaft top. An exposure light side makes the homogeneous light light of the light source 11 which has two or more wavelength, and irradiates it on an electron ray and the same axle in drawing 10 to the irradiating point P of the sample 2 arranged on a stage 7 through the optical system 13 and optical system 15 of an optical fiber or a lens system by the monochromator 12. Moreover, in a detection side, the photodetectors 41, such as a photodiode and a photomultiplier, detect the reflected light on the electron ray reflected at the irradiating point P, and the same axle through optical system 45.

[0041] By arranging optical system 15 and 45, by being able to consider as the configuration which makes exposure light, the reflected light, and an electron ray the same shaft top, and considering as this configuration, the irradiating point of light, the reflective spot of light, and the irradiating point of an electron ray can be centralized on the point of measurement on a sample, and a minute field can be measured.

[0042] In addition, since the configuration and processing actuation of a modulation means or a processing means can be made to be the same as that of the 1st configuration, explanation here is omitted. Next, the 3rd gestalt of this invention is explained. In the 1st and 2 gestalt, the 3rd gestalt irradiates the exposure light containing the wavelength from which at least two plurality differs from an exposure means, and calculates a stress value in a processing means based on the wavelength difference and the reflected light difference on the strength between said wavelength.

[0043] Drawing 11 is an outline block diagram for explaining the 5th example of a configuration of this invention, and is an example of a configuration which corresponds to the 3rd gestalt, switches the exposure light from which the wavelength of wavelength λ_1 and wavelength λ_2 differs from an exposure light side, irradiates it, and measures the reflected light reinforcement by the exposure light of each wavelength. In drawing 11, an exposure light side is equipped with the light sources 15 and 16 of wavelength λ_1 and wavelength λ_2 , and the switch machine 17 which switches this each wavelength light and irradiates it, and irradiates the irradiating point P of the sample 2 arranged on a stage 7 through the optical system 13 of an optical fiber or a lens system. The reflected light reflected at the irradiating point P is detected by the photodetectors 41, such as a photodiode and a photomultiplier.

[0044] While the flow of the modulation by the modulation means and processing of a detecting signal is the same as the above mentioned example of a configuration almost and irradiating the light of the wavelength from which plurality differs at the irradiating point of a sample from an exposure means 1, the energy state of this irradiating point modulates and a processing means calculates a stress value with a modulation means 6 based on the reflectivity for every wavelength which detected detector 4, set the reflected light which reflects at the irradiating point arithmetic unit 5, and detected it.

[0045] Hereafter, the processing which searches for a wavelength shift in the 3rd gestalt is explained using drawing 12 and 13, and explanation is omitted about a common part. In addition, drawing 12 is a schematic diagram for explaining the processing which searches for a wavelength shift, and drawing 13 is the enlarged drawing.

[0046] In the configuration of the 3rd gestalt, it asks for the relation between a wavelength shift, a reflected light change on the strength, and stress beforehand. Drawing 12 shows typically the reflectance spectrum (broken line in drawing) in case there are a reflectance spectrum (continuous line in drawing) and stress in case there is no stress. Wavelength shifts a reflectance spectrum from the pattern shown in a continuous line according to the existence of stress to

the pattern shown in a broken line.

[0047] In this reflectance spectrum, the reinforcement of the reflected light by the light of different wavelength λ_1 and λ_2 is set to R_{11} and R_{12} on the wavelength λ_1 and λ_2 in front of a wavelength shift, and is set to R_{21} and R_{22} on the wavelength λ_1 and λ_2 after a wavelength shift. Here, it can ask for the reflected light reinforcement R_{11} and R_{12} in the wavelength λ_1 and λ_2 at this time beforehand by making into a wavelength shift front the case where there is no stress.

[0048] In the enlarged drawing of drawing 13, as the round mark in drawing shows the reflected light reinforcement in wavelength λ_1 and λ_2 about a reflectance spectrum in case there is no stress shown as the continuous line in drawing, it is R_{11} and R_{12} . When wavelength shifts only $\Delta\lambda$ to this reflectance spectrum, as it becomes the reflectance spectrum shown with the broken line in drawing and the trigonum mark in drawing shows the reflected light reinforcement in wavelength λ_1 and λ_2 , it is R_{21} and R_{22} .

[0049] To the wavelength difference of wavelength λ_1 and λ_2 , the difference of reflected light reinforcement is $(R_{22}-R_{21})$, and the difference of the reflected light reinforcement to wavelength shift $\Delta\lambda$ has the relation which is $(R_{11}-R_{21})$. Therefore, wavelength shift $\Delta\lambda$ $\Delta\lambda = (\lambda_1 - \lambda_2) - (R_{11} - R_{21}) / (R_{22} - R_{21})$ — (1)

It can ask "Be alike." Here, a stress value can be calculated by calculating the value of R_{11} beforehand and asking for the relation between wavelength shift $\Delta\lambda$ and a stress value beforehand.

[0050] With this gestalt, since it can ask by measurement on two wavelength of wavelength λ_1 and λ_2 in one sample part, the number of the wavelength which irradiates a sample part can be decreased and stress measurement can be performed in a short time.

[0051] Hereafter, the 6-8th examples of a configuration corresponding to the 3rd gestalt of this invention are explained using drawing 14 - drawing 16. Drawing 14 is an outline block diagram for explaining the 6th example of a configuration of this invention, and is an example of a configuration which irradiates the exposure light of two or more wavelength from an exposure side, and separates only specific wavelength by the filter and diffraction grating by the side of the reflected light. In drawing 14, an exposure light side irradiates the irradiating point P of the sample 2 which has arranged the light of the light source 11 which has two or more wavelength (wavelength λ_1 and λ_2) on a stage 7 through the optical system 13 of an optical fiber or a lens system. Moreover, in a detection side, wavelength separation of the reflected light reflected at the irradiating point P is carried out by the filter or the diffraction grating 46, the photodetectors 41, such as a photodiode and a photomultiplier, detect, and it asks for a wavelength shift and stress based on relational expression, such as said formula (1). In addition, since the configuration and processing actuation of a modulation means or a processing means can be made to be the same as that of the 5th configuration, explanation here is omitted.

[0052] Drawing 15 is an outline block diagram for explaining the 7th example of a configuration of this invention, and is an example of a configuration which carries out time sharing of the exposure light of two or more wavelength, irradiates it with the time-sharing vessel 18 from an exposure side, and processes a detecting signal to a reflected light side corresponding to said time sharing. In drawing 15, an exposure light side irradiates the irradiating point P of the sample 2 which has arranged the light of the light source 11 which has two or more wavelength on a stage 7 through the optical system 13 of an optical fiber or a lens system while switching wavelength by time sharing. Moreover, in a detection side, the photodetectors 41, such as a photodiode and a photomultiplier, detect the reflected light reflected at the irradiating point P, and it asks for correspondence with reflected light reinforcement and the wavelength of exposure light based on the time amount of time sharing, and asks for a wavelength shift and stress based on relational expression, such as said formula (1). In addition, since the configuration and processing actuation of a modulation means or a processing means can be made to be the same as that of the 5th configuration, explanation here is omitted.

[0053] Drawing 16 is an outline block diagram for explaining the 8th example of a configuration of this invention, and is an example of a configuration which identifies wavelength by irradiating two or more incident light by whenever [incident angle / which is different to the same sample

part], and detecting this reflected light by whenever [different angle-of-reflection]. In drawing 16 , an exposure light side irradiates the light of the light source 11 which has two or more wavelength at the irradiating point P of the sample 2 arranged on a stage 7 through the optical system 13a and 13b of the optical fiber arranged in a different location, or a lens system. Moreover, in a detection side, the photodetectors 41a and 42b which have arranged the reflected light reflected at the irradiating point P to the angular position corresponding to whenever [each angle-of-incidence / of optical system 13], such as a photodiode and a photomultiplier, detect, and from the relation between an angle of incidence and angle of reflection, it asks for correspondence with reflected light reinforcement and the wavelength of exposure light, and asks for a wavelength shift and stress based on relational expression, such as said formula (1). In addition, since the configuration and processing actuation of a modulation means or a processing means can be made to be the same as that of the 5th configuration, explanation here is omitted. [0054] Although said example of a configuration shows the example which used the electron ray as a modulation means, the physical irritation to which the electronic energy condition of sample parts, such as an ion beam, electric field, light, heat, and an acoustic wave, is changed can be used. Drawing 17 - drawing 19 are drawings for explaining other examples of a configuration of a modulation means.

[0055] Drawing 17 is an example of a configuration which uses electric field as a modulation means. As a configuration which impresses electric field to a sample 2, an electrode 64 is made to approach a sample part and it arranges, and according to a power source 65, an electrical potential difference is impressed to an electrode 64, and electric field are formed between an electrode 64 and a stage 7. By this, electric field are impressed to a sample part.

[0056] Drawing 18 is an example of a configuration which uses light or heat as a modulation means. A stimulus of the light by this laser light or a stimulus of the heat by laser light is given using the laser light source 66 as a configuration which gives light or heat to a sample 2. Drawing 19 is an example of a configuration which uses an acoustic wave as a modulation means. Using an ultrasonic vibrator 67 and its driving source 68 as a configuration which gives an acoustic wave to a sample 2, vibration by the ultrasonic vibrator 67 is told to a sample part, and a stimulus of an acoustic wave is given. In addition, in order to transmit an acoustic wave to a sample part, a liquid is made to adhere to a sample front face, and it can consider as the configuration to which an ultrasonic vibrator 67 is contacted into this liquid.

[0057] in addition, the spectrum produced in samples, such as a thin film, in said each example of a gestalt and example of a configuration of this invention which were carried out — although measurement of change of a pattern is performing stress measurement — the spectrum of not only stress but a sample — if a pattern is changed, it can apply similarly, and it can also apply to measurement of internal states of a sample, such as a crystal property including a crystal defect.

[0058]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the stress measuring device of this invention, the stress of microstructure can be measured with high spatial resolving power.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-295159

(43) 公開日 平成11年(1999)10月29日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 1 L 1/00

G 0 1 L 1/00

B

G 0 1 N 21/27

G 0 1 N 21/27

Z

21/65

21/65

21/88

21/88

E

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-97530

(22) 出願日 平成10年(1998)4月9日

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(71) 出願人 598047269

西野 種夫

兵庫県川西市清和台西2丁目3-29

(71) 出願人 598047270

喜多 隆

大阪府門真市常称寺町20-14

(72) 発明者 小西 郁夫

神奈川県秦野市堀山下字松葉380-1 株

式会社島津製作所秦野工場内

(74) 代理人 弁理士 竹本 松司 (外1名)

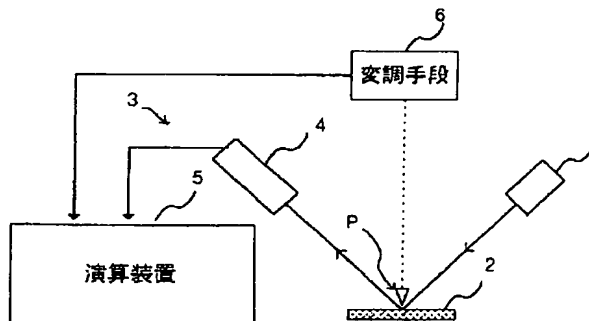
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 応力測定装置

(57) 【要約】

【課題】 微小構造の応力を、高い空間分解能で測定することができる応力測定装置を提供する。

【解決手段】 試料2に光を照射する照射手段1と、試料上の少なくとも照射部1のエネルギー状態を変調する変調手段6と、反射光強度パターンから応力値を求める処理手段3とを備える構成とする。照射手段1から試料2の照射点Pに光を照射するとともに、変調手段6は該照射点Pのエネルギー状態を変調し、処理手段3は該照射点Pで反射した反射光を検出器4で検出し、演算装置5において検出した反射強度パターンに基づいて応力値を演算する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 試料に光を照射する照射手段と、反射光強度パターンから応力値を求める処理手段とを備える、応力測定装置。

【請求項 2】 試料に光を照射する照射手段と、試料上の少なくとも照射部のエネルギー状態を変調する変調手段と、反射光強度パターンから応力値を求める処理手段とを備える、応力測定装置。

【請求項 3】 照射手段は少なくとも 2 つの複数の異なる波長を含む照射光を照射し、前記処理手段は波長間での波長差と反射光強度差に基づいて応力値を求める、請求項 1、又は 2 記載の応力測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、応力測定装置に関し、特に、半導体プロセスのデバイス検査に好適で、膜応力の測定を行う応力測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体プロセスのデバイス製作において、成膜で形成された薄膜に応力が発生する場合がある。この薄膜に発生する応力は、薄膜自体の特性に影響を与えるだけでなく、シリコン基板等の薄膜の周囲部分にも応力を発生させ、デバイス全体に影響が及ぶ場合がある。

【0003】半導体デバイスにおいて、応力測定を必要とする構造としては、たとえば LOCOS 構造やトレンチ構造のエッジ部分がある。このエッジ部分は応力集中が発生し易い構造であるため、応力に基づく影響が発生しやすい。微細化が進むにつれて、この応力は増大する傾向があり、今後更に問題となってくる。

【0004】一般に、微小構造での応力を測定する方法として、X 線回折測定や形状測定やラマン測定等が知られている。特に、半導体デバイスの微小部に発生する応力を測定するには、比較的空間分解能が高い顕微ラマンが使用されることが多い。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、半導体デバイスの微細化に伴い、従来の方法では実際のデバイスの評価が困難になってきており、より空間分解能が高い応力測定装置が求められている。そこで、本発明は微小構造の応力を、高い空間分解能で測定することができる応力測定装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】薄膜等の試料に光を照射して得られる反射光は、その波長域で試料の電子状態を反映する特徴的な分光パターンを備えている。本発明の出願人は、このパターン変化が、試料の照射点における応力に応じてシフトすることを確認した。本発明は、この応力によりシフトするパターン変化を検出することによって、試料の応力を測定するものである。

【0007】本発明の応力測定装置の第 1 の態様は、試料に光を照射する照射手段と、反射光強度パターンから応力値を求める処理手段とを備える構成とする。図 1 は本発明の応力測定装置の第 1 の形態を説明するための概略図である。図 1 において、応力測定装置は、照射手段 1 から試料 2 の照射点 P に光を照射し、処理手段 3 は該照射点 P で反射した反射光を検出器 4 で検出し、演算装置 5 において検出した反射強度パターンに基づいて応力値を演算する。

【0008】照射手段は、試料上の測定点に光を照射する手段であり、照射光は照射点において位置反射される。この反射光は、照射点における試料のバンド構造に応じた反射光強度パターンを備える。本出願人は、この反射光強度パターンは照射点で発生している応力に応じてシフトするとともに、波長シフト量と応力値との間には一定の関係があることを見出し、この反射光強度パターンから波長シフト量を求め、波長シフトから応力値を求める。図 4 (a) は反射光強度パターンの波長シフトを説明するための概略図である。なお、図 4 (a) では反射光強度パターンを模式的に表している。波長に対する反射光強度パターンは、応力の有無に応じて例えば実線に示すパターンから破線に示すパターンに、波長がシフトする。この波長シフトのシフト量は、試料部位での応力値に対応する。

【0009】処理手段は、測定点における反射光強度パターンを測定して、この反射光強度から波長シフト量を求め、上記関係を用いることによって波長シフト量から応力値あるいは応力対応値を求める。

【0010】反射光強度パターンは反射光強度の波長変化であり、照射光側、又は反射光側の波長を変更し、この波長に対する反射光の強度を受光手段で検出することによって求めることができる。

【0011】波長変更を行う第 1 の態様は照射光側で波長変更を行うものであり、モノクロメータで分光することによって波長変更を行い、分光された単色光を試料部位に照射する。このモノクロメータを制御することによって、照射する波長を変更することができる。

【0012】波長変更を行う第 2 の態様は反射光側で波長変更を行うものであり、分光されない光を試料部位に照射し、反射光をモノクロメータで分光することによって波長変更を行う。このモノクロメータを制御することによって、検出する反射光の波長を変更することができる。また、他の態様として、照射光側及び反射光側に偏光手段を設ける構成とし、検出信号の S/N 比を高めることができる。

【0013】また、本発明の応力測定装置の第 2 の形態は、試料に光を照射する照射手段と、試料上の少なくとも照射部のエネルギー状態を変調する変調手段と、反射光強度パターンから応力値を求める処理手段とを備える構成とすることができる。第 2 の形態の構成は、前記第

1の形態の構成に加えて、試料上の少なくとも照射部のエネルギー状態を変調する変調手段を備える構成である。図2に示す応力測定装置の第2の形態は、照射手段1から試料2の照射点Pに光を照射するとともに、変調手段6は該照射点Pのエネルギー状態を変調し、処理手段3は該照射点Pで反射した反射光を検出器4で検出し、演算装置5において検出した反射強度パターンに基づいて応力値を演算する。

【0014】変調手段は、照射部に外部から刺激を加えることによって、試料部位を励起してエネルギー状態を変化させ、これによって反射強度パターンを変化させる。これによって検出される反射スペクトルは変調による微分信号となり、バックグラウンド信号の影響を除去することができる。図4(b)は反射スペクトルの波長シフトを説明するための概略図である。なお、図4

(b)では反射スペクトルを模式的に表している。反射スペクトルは、応力の有無に応じて例えば実線に示すパターンから破線に示すパターンに、波長がシフトする。この波長シフトのシフト量は、試料部位での応力値に対応する。バンド構造の臨界点では、該構造を反映した微細構造を表す信号が検出される。反射スペクトルの検出は、変調された反射光を変調手段の変調周期と同期させて検出することによって行うことができる。

【0015】変調手段の第1の態様は、電子線を断続的にオンオフすることにより変調し、この変調電子線を照射するものである。この変調した電子線を試料部位に照射することによって試料部位でのエネルギー状態が変化し、該部位で反射する反射光強度が変化する。

【0016】変調手段の第2の態様は、イオンビームを断続的にオンオフすることにより変調し、この変調イオンビームを試料部位に照射することによって試料部位でのエネルギー状態が変化し、該部位で反射する光の反射光強度が変化する。

【0017】変調手段の第3の態様は、電圧制御によって試料部位に印加する電界を変調するものである。試料部位に印加する電界を変調することによって試料部位でのエネルギー状態が変化し、該部位で反射する光の反射光強度が変化する。

【0018】変調手段の第4の態様は、試料部位に熱を変調しながら付与するものである。試料部位に付与する熱を変調することによって試料部位でのエネルギー状態が変化し、該部位で反射する光の反射光強度が変化する。

【0019】変調手段の第5の態様は、試料部位に音波を変調しながら付与するものである。試料部位に付与する音波を変調することによって試料部位でのエネルギー状態が変化し、該部位で反射する光の反射光強度が変化する。

【0020】したがって、前記変調手段を設けることに

よって、S/N比の高い反射光強度パターンの検出信号を求めることができる。さらに、本発明の応力測定装置の第3の形態の構成は、前記第1、2の形態において、照射手段は少なくとも2つの複数の異なる波長を含む照射光を照射し、処理手段は波長間での波長差と反射光強度差に基づいて応力値を求める構成とするものである。図3に示す応力測定装置の第3の形態は、照射手段1から試料2の照射点Pに複数の異なる波長の光を照射するとともに、変調手段6は該照射点Pのエネルギー状態を変調し、処理手段3は該照射点Pで反射した反射光を検出器4で検出し、演算装置5において検出した波長毎の反射強度に基づいて応力値を演算する。

【0021】第3の形態の構成において、波長シフトと反射光強度変化と応力との関係をあらかじめ求めておき、異なる波長で求めた反射光強度の変化とその波長差と前記関係から応力の絶対値を求めることができる。図4(c)は波長毎の反射光強度及び波長シフトを説明するための概略図である。なお、図4(c)では反射スペクトルを模式的に表している。反射スペクトルは、応力の有無に応じて例えば実線に示すパターンから破線に示すパターンに波長がシフトする。

【0022】この反射スペクトルにおいて、異なる波長 λ_1 、 λ_2 の光で測定した反射光の強度を、波長シフト前の波長 λ_1 、 λ_2 による値を R_{11} 、 R_{12} とし、波長シフト後の波長 λ_1 、 λ_2 による値を R_{21} 、 R_{22} とすると、波長シフト $\Delta\lambda$ は、概略

$$\Delta\lambda = (\lambda_1 - \lambda_2) \cdot (R_{11} - R_{21}) / (R_{22} - R_{21})$$

によって求めることができる。この波長シフト $\Delta\lambda$ と応力値との関係をあらかじめ求めておくことによって、応力値を求めることができる。

【0023】また、第3の形態は、1つの試料部位において波長 λ_1 、 λ_2 の2つの波長での測定で求めることができる。したがって、試料部位に照射する波長の個数を減少させることができ、短時間で応力測定を行うことができる。

【0024】この第3の形態の構成では、複数の波長から特定の波長の同定を行う。波長を同定する第1の態様は、照射光側で波長同定を行うものであり、照射側に複数の波長を照射する複数光源を備え、該光源を切り替えることによって波長同定を行う。

【0025】波長を同定する第2の態様は、反射光側で波長同定を行うものであり、試料部位に入射する複数光から得られる反射光を、フィルターあるいは回折格子で分離して波長同定を行う。

【0026】波長を同定する第3の態様は、照射光側及び反射光側で波長同定を行うものであり、試料部位に入射光を時分割で入射し、反射光を前記時分割に同期することによって波長同定を行う。

【0027】また、波長を同定する第4の態様は、照射

光側及び反射光側で波長同定を行うものであり、複数の入射光を同一試料部位に異なる入射角度で照射し、該反射光を異なる反射角度で検出することによって波長同定を行う。さらに、本発明の応力測定装置の第1、2、3の各形態において、照射光と反射光と電子線を同一軸上とする構成とすることができる。

【0028】本発明によれば、照射光のスポット径を小さくしたり、変調手段による変調領域を絞ることによって、微小部分の応力測定が可能となる。また、本発明の測定装置は、薄膜等の試料における分光パターンの変化が応力によって生ずるものとし、この応力の測定を行うものであるが、試料の分光パターンは応力に限らず結晶欠陥を含む結晶特性によっても変化する。したがって、本発明の測定装置は、結晶特性等の試料の分光パターンを変化させる試料の内部状態の測定に適用することができる。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明の応力測定装置の第1、2、3の実施の形態を図を参照しながら詳細に説明する。図5～図10は本発明の第1、2の形態を説明するための図であり、図11～図16は本発明の第3の形態を説明するための図である。

【0030】はじめに、本発明の第1、2の形態について説明する。なお、第1の形態は第2の形態から変調手段を除いた構成であり、反射光強度パターンを反射光強度で測定するか、反射光強度の微分値で測定するかで相違するが、ほぼ同様に構成とすることができるため、ここでは、第2の形態を用いて説明する。

【0031】図5は本発明の第1の構成例を説明するための概略ブロック図であり、第1、2の形態に対応し、照射光側のモノクロメータで分光することによって波長変更を行う構成例である。図5において、照射光側は、複数の波長を有する光源11の光をモノクロメータ12によって単色光とし、光ファイバーやレンズ系の光学系13を介して、ステージ7上に配置した試料2の照射点Pに照射する。照射点Pで反射した反射光はフォトダイオードやフォトマルチプライヤ等の光検出器41で検出される。また、照射点Pあるいはその近傍には、電子線源61から電子線が照射される。ブランキングユニット62は、信号発生器63からブランキング信号を受けて、試料の照射点Pに対して電子線を間欠的に照射し、照射点Pの電子状態を変調する。

【0032】光検出器41は、変調を行わない場合には反射光の強度のみを検出する。また、変調を行う場合には、反射光の強度、及び変調による反射光の強度変化の微分値を検出する。

【0033】光検出器41の検出信号は、プリアンプ51で信号増幅した後、デジタルマルチメータ52で反射光強度Rを求め、ロックインアンプ53で反射光の強度変化の微分値 ΔR を求める。なお、ロックインアンプ5

3は、信号発生器63から信号を受けて、電子線のブランキングとの同期をとる。演算器54は、反射光強度Rと微分値 ΔR を入力して反射光スペクトルを求め、波長シフト及び応力を演算する。なお、反射光スペクトルの測定における波長変更では、モノクロメータ12を制御することによって試料2への照射光の波長を変更する。

【0034】また、照射光のスポット径を小さくしたり、電子線による変調領域を絞ることによって、微小部分の応力測定が可能となる。また、変調手段として、電子線を用いる場合には、試料2を真空装置8によって真空状態としている。

【0035】次に、第1、2の形態において、波長シフトを求める2つの処理について、図6、7を用いて説明する。図6は波長シフトを求める第1の処理を説明するための概略図である。この第1の方法は、試料上において、測定点毎に、分光等によって照射光の波長を変更しながら反射光の強度を測定して反射光スペクトルを求め、求めた反射光スペクトルを比較して波長シフトを求めるものである。たとえば、図6(a)中の点Aと点Bの応力状態が異なる場合、各点で求めた反射光スペクトル間には、図6(b)中の実線及び破線で示すような波長シフト $\Delta\lambda$ が生じる。この波長シフト $\Delta\lambda$ は、両測定点での応力の差に対応することになる。したがって、試料2を走査しながら、各点の反射光スペクトルを求めることによって、試料2の応力状態を求めることができる。なお、ここで求めた応力値は、相対的な値となる。

【0036】図7は波長シフトを求める第2の処理を説明するための概略図である。第2の方法は、特定の波長の光によって測定点での反射光強度を求め、求めた反射光強度と基準の反射光強度との差から波長シフトを推定するものである。

【0037】たとえば、図7(a)中の点Cにおいて波長 λ_0 の光での反射光強度 R_0 を求め、図7(b)に示すように、基準値Rとの差 ΔR を求める。なお、基準値Rは任意の点での反射光強度とすることができる。この反射光強度の差は波長シフト量と一定の関係にあり、反射光強度の差から波長シフト量を推定することができる。例えば、図7(c)において、波長シフトが $\Delta\lambda_1$ である場合には反射光強度の差は ΔR_1 となり、また、波長シフトが $\Delta\lambda_2$ である場合には反射光強度の差は ΔR_2 となる。したがって、反射光強度の差 ΔR を求めることによって、波長シフト量 $\Delta\lambda$ を推定することができる。なお、ここで求めた応力値は、相対的な値となる。

【0038】以下、図8～図10を用いて本発明の第1、2の形態に対応する第2～4の構成例について説明する。図8は本発明の第2の構成例を説明するための概略ブロック図であり、反射光側のモノクロメータで分光することによって波長変更を行う構成例である。図8において、照射光側は、複数の波長を有する光源11の光を光ファイバーやレンズ系の光学系13を介して、ステ

ージ7上に配置した試料2の照射点Pに照射する。また、検出側では、照射点Pで反射した反射光をモノクロメータ42で分光し、分光波長に応じて配置されたフォトダイオードやフォトマルチプライヤ等の光検出器41で検出する。モノクロメータ42で分光することによって、第1の構成例と同様に、反射光スペクトルの測定における波長変更を行う。なお、変調手段や処理手段の構成及び処理動作は、第1の構成と同様とすることができるため、ここでの説明は省略する。

【0039】図9は本発明の第3の構成例を説明するための概略ブロック図であり、照射光側及び反射光側に偏光板14、44を配置することによって特定の反射光を用いる構成例である。図9において、照射光側は、複数の波長を有する光源11の光を光ファイバーやレンズ系の光学系13を介し、さらに偏光板14を通して偏光した照射光を、ステージ7上に配置した試料2の照射点Pに照射する。また、検出側では、照射点Pで反射した反射光を偏光板44を通して特定の偏光された反射光を抽出し、フォトダイオードやフォトマルチプライヤ等の光検出器41で検出する。なお、変調手段や処理手段の構成及び処理動作は、第1の構成と同様とすることができるため、ここでの説明は省略する。

【0040】図10は本発明の第4の構成例を説明するための概略ブロック図であり、照射光、反射光、及び電子線を同一軸上とする構成例である。図10において、照射光側は、複数の波長を有する光源11の光をモノクロメータ12によって単色光とし、光ファイバーやレンズ系の光学系13及び光学系15を介して、ステージ7上に配置した試料2の照射点Pに対して電子線と同軸上

で照射を行う。また、検出側では、照射点Pで反射した電子線と同軸上の反射光を、光学系45を介してフォトダイオードやフォトマルチプライヤ等の光検出器41で検出する。

【0041】光学系15、45を配置することによって、照射光、反射光、及び電子線を同一軸上とする構成とすることができ、この構成とすることによって、光の照射点、光の反射点、及び電子線の照射点を試料上の測定点に集中させ、微小領域の測定を行うことができる。

【0042】なお、変調手段や処理手段の構成及び処理動作は、第1の構成と同様とすることができるため、ここでの説明は省略する。次に、本発明の第3の形態について説明する。第3の形態は第1、2の形態において、照射手段から少なくとも2つの複数の異なる波長を含む照射光を照射し、処理手段において、前記波長間の波長差と反射光強度差に基づいて応力値を求めるものである。

【0043】図11は本発明の第5の構成例を説明する

$$\Delta \lambda = (\lambda_1 - \lambda_2) \cdot (R_{11} - R_{21}) / (R_{22} - R_{21}) \quad \dots (1)$$

によって求めることができる。ここで、 R_{11} の値をあらかじめ求めおき、また波長シフト $\Delta \lambda$ と応力値との

ための概略ブロック図であり、第3の形態に対応し、照射光側から波長 λ_1 と波長 λ_2 の波長が異なる照射光を切り換えて照射し、各波長の照射光による反射光強度を測定する構成例である。図11において、照射光側は、波長 λ_1 と波長 λ_2 の光源15、16と、該各波長光を切り換えて照射する切り換え器17を備え、光ファイバーやレンズ系の光学系13を介して、ステージ7上に配置した試料2の照射点Pに照射する。照射点Pで反射した反射光はフォトダイオードやフォトマルチプライヤ等の光検出器41で検出される。

【0044】変調手段による変調、及び検出信号の処理の流れは、前記した構成例とほぼ同様であり、照射手段1から試料の照射点に複数の異なる波長の光を照射するとともに、変調手段6によって該照射点のエネルギー状態を変調させ、処理手段は照射点で反射した反射光を検出器41で検出し、演算装置5において検出した波長毎の反射強度に基づいて応力値を演算する。

【0045】以下、第3の形態において、波長シフトを求める処理について図12、13を用いて説明し、共通する部分については説明を省略する。なお、図12は波長シフトを求める処理を説明するための概略図であり、図13はその拡大図である。

【0046】第3の形態の構成において、波長シフトと反射光強度変化と応力との関係をあらかじめ求めておく。図12は応力がない場合の反射スペクトル（図中の実線）と応力がある場合の反射スペクトル（図中の破線）を模式的に示している。反射スペクトルは、応力の有無に応じて実線に示すパターンから破線に示すパターンに波長がシフトする。

【0047】この反射スペクトルにおいて、異なる波長 λ_1 、 λ_2 の光による反射光の強度は、波長シフト前の波長 λ_1 、 λ_2 では R_{11} 、 R_{12} となり、波長シフト後の波長 λ_1 、 λ_2 では R_{21} 、 R_{22} となる。ここで、応力がない場合を波長シフト前として、このときの波長 λ_1 、 λ_2 での反射光強度 R_{11} 、 R_{12} をあらかじめ求めておくことができる。

【0048】図13の拡大図において、図中の実線で示す応力がない場合の反射スペクトルについて波長 λ_1 、 λ_2 での反射光強度は、図中の丸印で示すように、 R_{11} 、 R_{12} である。この反射スペクトルに対して波長が $\Delta \lambda$ だけシフトすると、図中の破線で示す反射スペクトルとなり、波長 λ_1 、 λ_2 での反射光強度は、図中の三角印で示すように、 R_{21} 、 R_{22} である。

【0049】波長 λ_1 と λ_2 の波長差に対して反射光強度の差は $(R_{22} - R_{21})$ であり、また、波長シフト $\Delta \lambda$ に対する反射光強度の差は $(R_{11} - R_{21})$ である関係にある。したがって、波長シフト $\Delta \lambda$ は、

関係をあらかじめ求めておくことによって、応力値を求めることができる。

【0050】この形態では、1つの試料部位において波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の2つの波長での測定で求めることができるため、試料部位に照射する波長の個数を減少させることができ、短時間で応力測定を行うことができる。

【0051】以下、図14～図16を用いて本発明の第3の形態に対応する第6～8の構成例について説明する。図14は本発明の第6の構成例を説明するための概略ブロック図であり、照射側から複数の波長の照射光を照射し、反射光側のフィルタや回折格子で特定波長のみを分離する構成例である。図14において、照射光側は、複数の波長（波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ ）を有する光源11の光を光ファイバーやレンズ系の光学系13を介して、ステージ7上に配置した試料2の照射点Pに照射する。また、検出側では、照射点Pで反射した反射光をフィルタや回折格子46で波長分離し、フォトダイオードやフォトマルチプライヤ等の光検出器41で検出し、前記式(1)等の関係式に基づいて波長シフト、及び応力を求める。なお、変調手段や処理手段の構成及び処理動作は、第5の構成と同様とすることができるため、ここでの説明は省略する。

【0052】図15は本発明の第7の構成例を説明するための概略ブロック図であり、照射側から複数の波長の照射光を時分割器18で時分割して照射し、反射光側において、検出信号を前記時分割に対応して処理する構成例である。図15において、照射光側は、複数の波長を有する光源11の光を時分割で波長を切り換えながら光ファイバーやレンズ系の光学系13を介して、ステージ7上に配置した試料2の照射点Pに照射する。また、検出側では、照射点Pで反射した反射光をフォトダイオードやフォトマルチプライヤ等の光検出器41で検出し、時分割の時間に基づいて、反射光強度と照射光の波長との対応を求め、前記式(1)等の関係式に基づいて波長シフト、及び応力を求める。なお、変調手段や処理手段の構成及び処理動作は、第5の構成と同様とすることができるため、ここでの説明は省略する。

【0053】図16は本発明の第8の構成例を説明するための概略ブロック図であり、複数の入射光を同一試料部位に異なる入射角度で照射し、該反射光を異なる反射角度で検出することによって波長の同定を行う構成例である。図16において、照射光側は、複数の波長を有する光源11の光を、たとえば異なる位置に配置した光ファイバーやレンズ系の光学系13a、13bを介して、ステージ7上に配置した試料2の照射点Pに照射する。また、検出側では、照射点Pで反射した反射光を、光学系13の各入射角度に対応する角度位置に配置したフォトダイオードやフォトマルチプライヤ等の光検出器41a、42bで検出し、入射角及び反射角の関係から、反射光強度と照射光の波長との対応を求め、前記式(1)等の関係式に基づいて波長シフト、及び応力を求める。なお、変調手段や処理手段の構成及び処理動作は、第5

の構成と同様とすることができるため、ここでの説明は省略する。

【0054】前記構成例では、変調手段として電子線を用いた例を示しているが、その他にイオンビーム、電界、光、熱、音波等の試料部位の電子エネルギー状態を変化させる物理的刺激を用いることができる。図17～図19は変調手段の他の構成例を説明するための図である。

【0055】図17は変調手段として電界を用いる構成例である。試料2に電界を印加する構成として、電極64を試料部位に接近させて配置し、電源65によって電極64に電圧を印加して、電極64とステージ7との間に電界を形成する。これによって、試料部位に電界を印加する。

【0056】図18は変調手段として光あるいは熱を用いる構成例である。試料2に光あるいは熱を与える構成としてレーザー光源66を用い、このレーザー光による光の刺激あるいはレーザー光による熱の刺激を与える。図19は変調手段として音波を用いる構成例である。試料2に音波を与える構成として超音波振動子67及びその駆動源68を用い、超音波振動子67による振動を試料部位に伝えて音波の刺激を与える。なお、音波を試料部位に伝達するために、試料表面に液体を付着させ、該液体に超音波振動子67を接触させる構成とすることができる。

【0057】なお、前記した本発明の各形態例及び構成例では、薄膜等の試料に生じる分光パターンの変化の測定によって応力測定を行っているが、応力に限らず、試料の分光パターンを変化させるものであれば同様に適用可能であり、結晶欠陥を含む結晶特性などの、試料の内部状態の測定に適用することもできる。

【0058】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の応力測定装置によれば、微小構造の応力を、高い空間分解能で測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の応力測定装置の第1の形態を説明するための概略図である。

【図2】本発明の応力測定装置の第2の形態を説明するための概略図である。

【図3】本発明の応力測定装置の第3の形態を説明するための概略図である。

【図4】反射スペクトルの波長シフトを説明するための概略図である。

【図5】本発明の第1の構成例を説明するための概略ブロック図である。

【図6】本発明の波長シフトを求める第1の処理を説明するための概略図である。

【図7】本発明の波長シフトを求める第2の処理を説明するための概略図である。

【図8】本発明の第2の構成例を説明するための概略ブロック図である。

【図9】本発明の第3の構成例を説明するための概略ブロック図である。

【図10】本発明の第4の構成例を説明するための概略ブロック図である。

【図11】本発明の第5の構成例を説明するための概略ブロック図である。

【図12】本発明の波長シフトを求める処理を説明するための概略図である。

【図13】本発明の波長シフトを求める処理を説明するための概略拡大図である。

【図14】本発明の第6の構成例を説明するための概略ブロック図である。

【図15】本発明の第7の構成例を説明するための概略ブロック図である。

【図16】本発明の第8の構成例を説明するための概略ブロック図である。

【図17】本発明の電界による変調手段を説明するための概略ブロック図である。

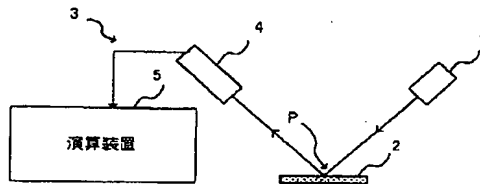
【図18】本発明の光、熱による変調手段を説明するための概略ブロック図である。

【図19】本発明の音波による変調手段を説明するための概略ブロック図である。

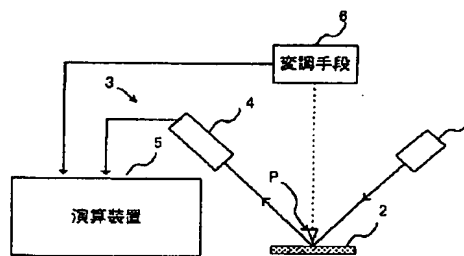
【符号の説明】

1…照射手段、2…試料、3…処理手段、4…検出器、5…演算装置、6…変調手段、7…ステージ、8…真空装置、11、15、16…光源、12、42…モノクロメータ、13、15、45…光学系、14、44…偏光板、17…切り換え器、18…時分割器、41…光検出器、46…フィルタ、51…プリアンプ、52…デジタルマルチメータ、53…ロックインアンプ、54…演算器、61…電子線源、62…ビームブランピングユニット、63…信号発生器、64…電極、65…電源、66…レーザー源、67…超音波振動子、68…駆動源。

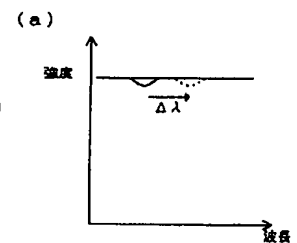
【図1】



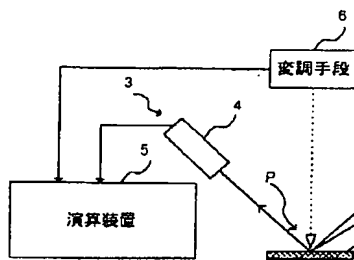
【図2】



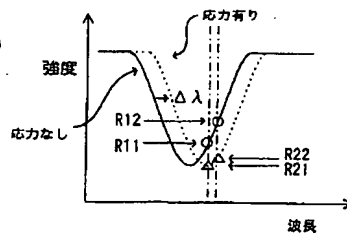
【図4】



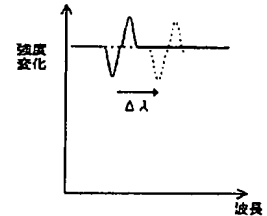
【図3】



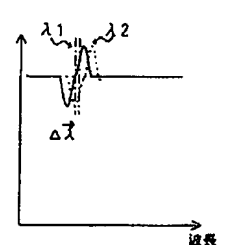
【図12】



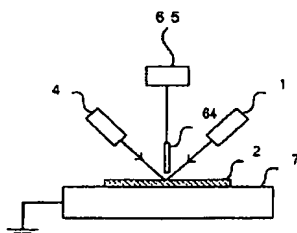
(b)



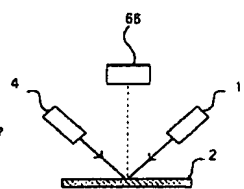
(c)



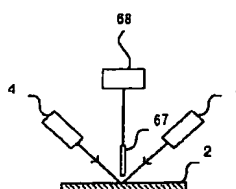
【図17】



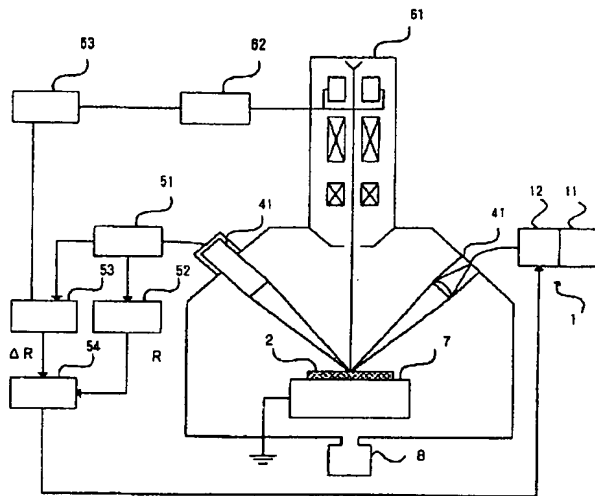
【図18】



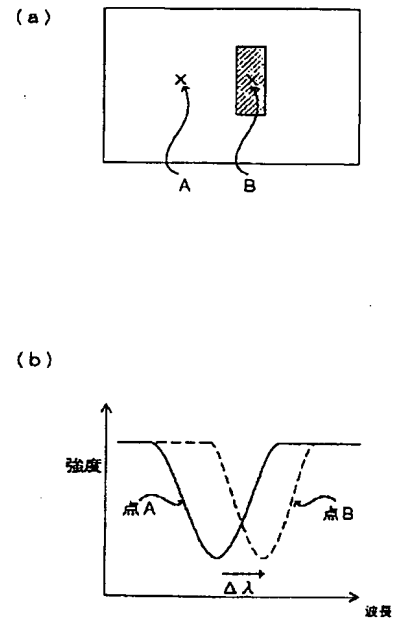
【図19】



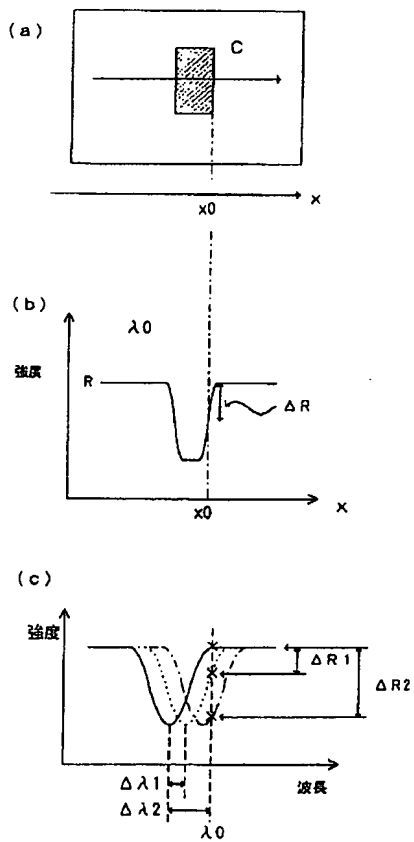
【図 5】



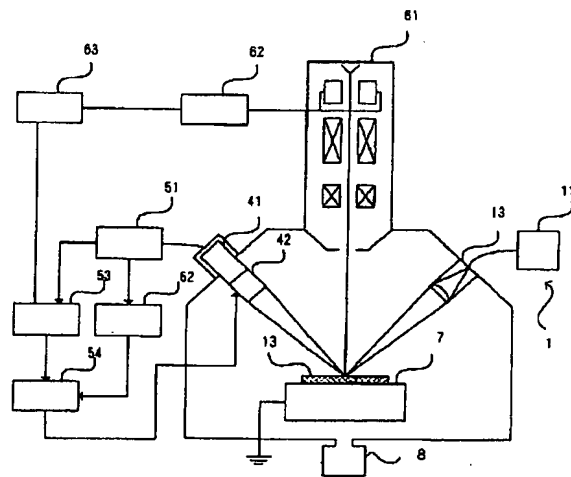
【図 6】



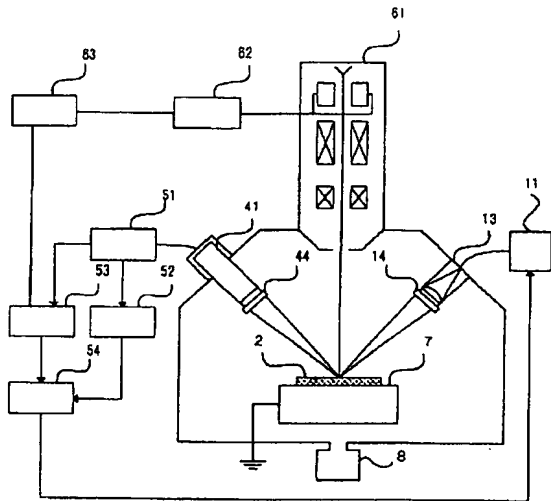
【図 7】



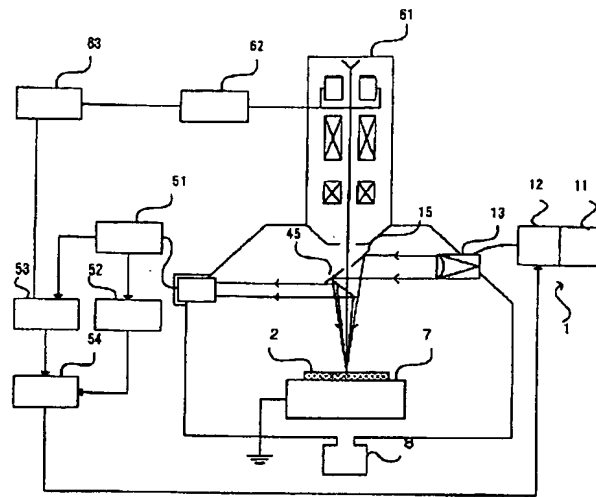
【図 8】



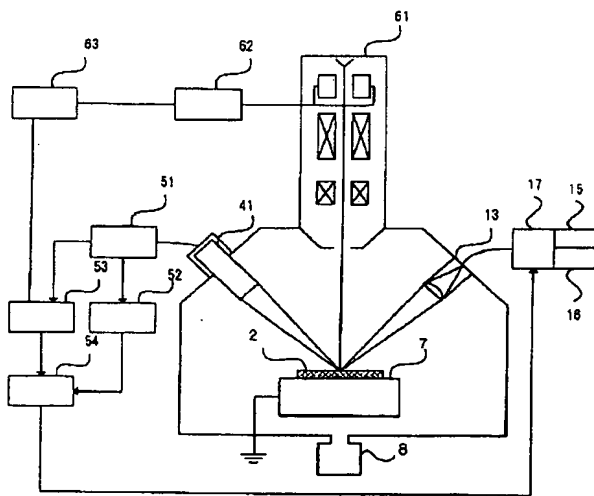
【図 9】



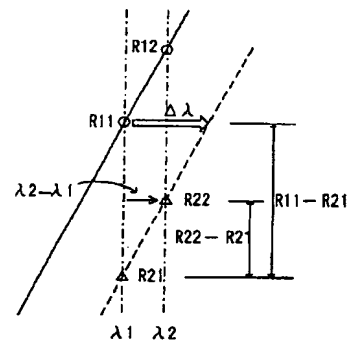
【図 10】



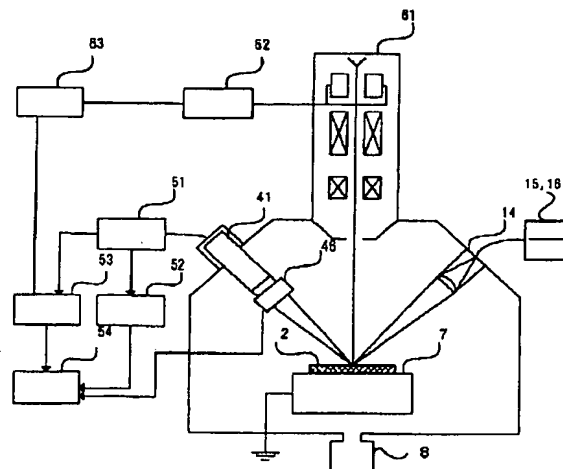
【図 11】



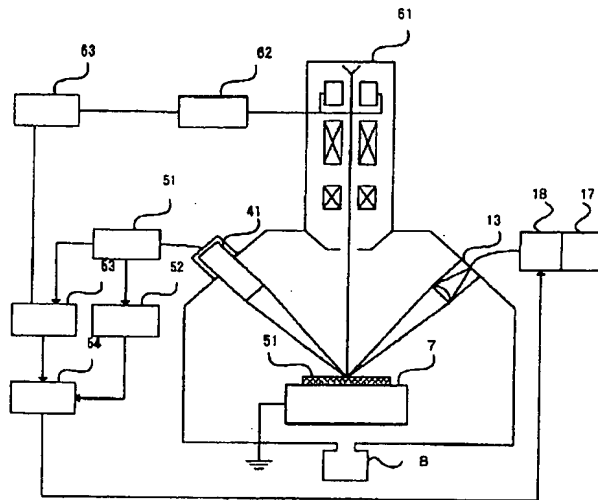
【図 13】



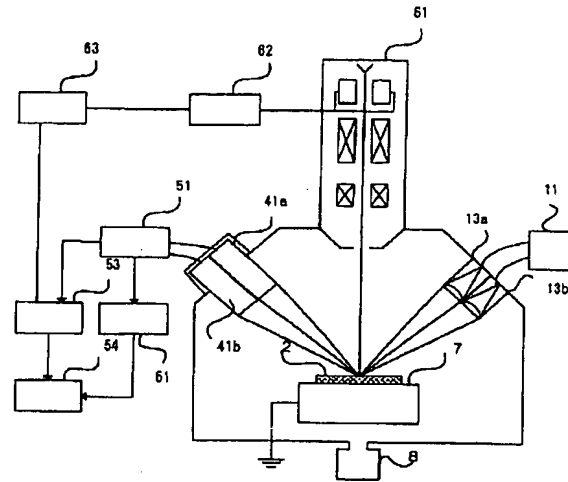
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 西野 種夫
兵庫県川西市清和台西2丁目3-29

(72)発明者 喜多 隆
大阪府門真市常称寺町20-14